

ENERGÍA SOLAR PARA SAN ISIDRO¹**Cadena², C; Caso, R; Fernández, C; Suligoy, H; Tilca, F; Lesino³, G.**

INENCO - Universidad Nacional de Salta

Av. Bolivia 5150 – 4400 Salta- Argentina

Te/Fax 54 - 387 – 4255489; cadena@unsa.edu.ar

RESUMEN

Desde hace casi cuatro años, y en el marco del proyecto: “*Energización de Centros Comunitarios para zonas rurales*”, comenzó en la localidad de San Isidro, la instalación de un conjunto de equipos solares con la intención de proveer de energía a esta localidad entre otras de Argentina, Paraguay y Uruguay. Sin embargo, el objetivo general del mismo, no fue solamente la mera provisión de energía eléctrica y térmica a estas seis localidades, sino también la evaluación del impacto que la introducción de estas nuevas tecnologías, produce en las comunidades aisladas. En este trabajo se describen algunos aspectos de la metodología empleada para realizar el dimensionamiento de las instalaciones tanto eléctricas como térmicas, como así también los equipos instalados.

PALABRAS CLAVE: energía solar, purificación de agua, módulos fotovoltaicos, desalinización, aerogeneradores

INTRODUCCIÓN

El objetivo básico del proyecto fue el de lograr, más allá de la provisión de energía en centros comunitarios y centros de salud, el mejoramiento integral de la calidad de vida de los habitantes de las zonas rurales. En ese sentido, en una primera etapa de la faz técnica del proyecto, y a posteriori de la colocación de sendos medidores de radiación, se pusieron en marcha dos instalaciones fotovoltaicas en las localidades que habían sido seleccionadas previamente del departamento de IRUYA, en la provincia de Salta, al *Noroeste de Argentina* (*San Isidro tiene la siguiente localización: Latitud: 23 LS, Longitud: 64 LO, Altitud: 2800msnm*). No parece descabellado entonces elegir cuando se realiza el predimensionamiento, un valor de cuatro o cuatro y medio horas picos de sol por día como la media anual de radiación. En una de ellas se optó por dividir el equipamiento fotovoltaico en dos partes, debido a la existencia de un puesto sanitario que se encuentra a más de 100 metros del centro de salud de la localidad. Además, conviene mencionar, que la instalación interior, es del tipo mixto: si bien la mayor parte funciona en 12VDC, la restante lo hace en 220AC, fundamentalmente para los equipos eléctricos clásicos (nebulizador o refrigeración para la conservación de vacunas) del centro de salud. En el caso del salón comunitario, todas las

Velocidad de viento

luminarias instaladas fueron del tipo fluorescente de 12 VDC. Dicho esto, casi a modo anecdótico, se puede decir, casi a modo de resumen que se instalaron cuatro sistemas con equipos solares diferentes, tanto desde el punto de vista de su concepción, como de la prestación que realizan:

¹ Financiado por OEA (Hugo Grossi Gallegos fue originariamente el director del proyecto internacional OEA AR071, Arq. María E.Castel de INTN de Paraguay quedó finalmente a cargo de la dirección del proyecto) y CIUNSA. San Isidro es una localidad de La Puna salteña.

² Responsable de la ejecución técnica del proyecto

³ Coordinadora en Argentina del proyecto



figura 2: torre montada para tres aerogeneradores

1. *Generación eléctrica híbrida solar- eólico*
2. *Agua caliente*
3. *Purificación de agua (empleando equipos de destilación)*
4. *desinfección de agua con radiación uV*

Se presenta en la figura 1 un conjunto de datos medidos de radiación y velocidad de viento que empleados para la verificación del dimensionamiento de las instalaciones

En la imagen fotográfica de la figura 2, se muestra la torre de hierro reticulado, de varios metros de altura, construida en hierro reticulado, y el conjunto con los tres aerogeneradores de aproximadamente un kilowatt de potencia en total. Hélices de fibra de seis palas, acopladas a sendos generadores montados sobre la misma torre metálica, producen una potencia acorde con el régimen de vientos de la localidad. La torre y los aerogeneradores fueron provistos por una empresa nacional y se le realizó algunas adaptaciones y mejoras en los talleres del departamento de física.

La elección del sitio de instalación (en la cima de una de los cerros circundantes) fue realizada en conjunto con líderes de la comunidad debido a su proximidad con el cementerio, pero además teniendo en cuenta la topografía del lugar, y los datos obtenidos de la estación meteorológica, colocada previamente.

Este generador provee la potencia suficiente como para hacer funcionar las diez luminarias de alumbrado público, el sistema de provisión de energía para la radio comunitaria, que funciona seis horas por día, y con producción local de programas, quedando

según la estación del año, y el sistema de purificación de agua con radiación UV.

En la misma figura se observan además los tensores que permiten asegurarla en situaciones de ráfagas de viento fuertes. La base de la torre, está acoplada con cuatro pernos de $\frac{1}{2}$ pulgada a una fundación de hormigón. Se observa también los controladores de carga ubicados en la base de la torre. Hasta ese punto de conexión los tres sistemas son independientes. En el mismo sitio se instala también un sistema de acumulación, y un inversor

LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS

1. Generación eléctrica

Si bien se tienen datos medidos y estimados de dirección y velocidades de viento en la localidad de San Isidro, no se posee suficiente información sobre su estacionalidad. Pese a esto, se puede concluir que el sitio se caracteriza por tener vientos que permiten la utilización de un generador pequeño (1KW) durante la mayor parte del año, y que arranque con bajas velocidades.

El sistema a instalado consta de un generador trifásico, cuya tensión final de salida, luego de rectificadora y regulada, es de al menos catorce voltios, con una capacidad de 100A H/día, un banco de baterías de 400AH/día, igual tensión y su correspondiente sistema de cableado, completan el sistema las luminarias de bajo consumo que se encuentran interconectadas en una red de 220VAC, apoyadas sobre un conversor digital DC-AC de 250WP.

Las líneas de tensión provenientes de este generador pueden llegar a integrarse, mediante un sistema híbrido solar-eólico a través de un tablero de control ubicado en el puesto de salud, si es que se superan algunos inconvenientes técnicos. Este es el



Figura 3: parte de la primera instalación fotovoltaica

punto central de la instalación y donde se concentran además otros acumuladores de plomo ácido y descarga profunda. Son compartidos por ambos sistemas de generación con una estrategia de control que se está poniendo a punto, y que estará a la brevedad en plenas condiciones operativas.

Esta integración, podría redundar en la prestación de un servicio más confiable y prolongado dada la mayor capacidad del conjunto. Conviene recordar que la capacidad de acumulación del sistema actual es de algo más de 1,5KA H, y podría ser incrementada.

Se colocaron diez luminarias de bajo consumo de 18W sobre la calle principal y el camino a la escuela. La evaluación del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas dio como resultado que el sistema es vulnerable, dado que en la zona son frecuentes las descargas eléctricas, y debe colocarse algún sistema de resguardo o protección con para rayos. Es de destacar el hecho que las luminarias de bajo consumo con alimentación de 220VAC (conectadas mediante inversor) funcionan correctamente, mientras que las de tipo fluorescente con convertidor individual presentan sistemáticamente algún inconveniente. En la figura 3, se observa parte la instalación con módulos fotovoltaicos de .5KWP ubicados sobre el techo del puesto sanitario, sobre una estructura de perfiles de hierro.

2. Agua caliente

La provisión de agua caliente se efectúa con colectores de agua caliente de flujo integral de una firma nacional, capaces de producir 500 litros de agua caliente/día, en zonas donde la radiación solar es de un nivel elevado, tal como ocurre con San Isidro. Estos equipos están ubicados en el predio del salón comunitario, en los techos de los baños públicos, tal como se



Figura 4: colectores de agua caliente

observa en la figura 4.

Las características técnicas fundamentales son las siguientes: están contruidos con láminas de acero inoxidable, soldadas entre sí en sus bordes mediante soldaduras autógenas, formando canalizaciones de ancho variable. la elastización necesaria para no romperse frente a temperaturas inferiores al congelamiento. Esto pudo comprobarse en la temporada invernal de este año. Por otra parte el área de contacto entre la chapa y el agua es del 100%. Este simple hecho provoca que por unidad de superficie, los depósitos de sales sean menores, prolongándola vida útil y disminuyendo las tareas de mantenimiento. Además poseen una lenta circulación de agua debida a este diseño (4 litros/m2), hecho que provoca que los depósitos de sales decanten por gravedad y se depositen en la chapa inferior, preservando limpia el área superior por donde se capta la radiación y el calor, y no tener uniones térmicas entre partes, el estrés de los materiales se minimiza.

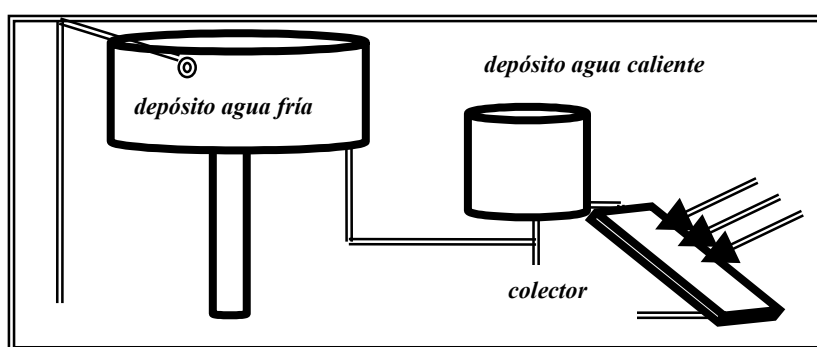


figura 5: esquema de la instalación de agua caliente el los baños públicos de San Isidro

La fabricación realizada íntegramente en acero inoxidable austenítico con soldaduras sin aportes, le asegura una vida útil de más de veinte años. El sistema centralizado consta básicamente de casi cinco metros cuadrados de colectores planos, con un rendimiento integral elevado. Su caja está construida en chapa galvanizada con las siguientes dimensiones: 2500 X 1000 X 100 mm y un peso aproximado de 27,5kg. el conjunto se cierra con una chapa de policarbonato alveolar. Los termo tanques contenedores de quinientos litros de capacidad, son de acero inoxidable con circulación directa, funcionado a una presión de trabajo no mayor de 0,5 atm. de quinientos litros, con sus cañerías y aislaciones de poliestireno expandido de 12cm correspondientes. En la figura 5, se observa la disposición del mismo. El ingreso de agua fría proviene de un tanque

centralizado ubicado a mayor altura. La provisión de agua caliente será empleada en las duchas comunitarias ubicadas en las inmediaciones del salón y un centro de lavado de ropa al que concurrirán las encargadas del mismo. Estos equipos se encuentran instalados en forma provisoria debido a que los baños fueron habilitados en forma precaria. Existe el compromiso de parte de la comunidad de concluir con los mismos a la brevedad. Conviene recordar que estas características surgieron de las encuestas realizadas previamente y surgen de las necesidades planteadas por los lugareños. En el mismo sitio se encuentra un salón iluminado con energía solar, y un sistema comunitario para la preparación de alimentos, también con energía solar, por lo que pareció una buena alternativa incorporar también a ese sitio el sistema de provisión de agua caliente. Se pensó también en proveer de agua caliente al centro de salud, aunque considerando que los requerimientos de este último son menores, está prevista la colocación de un sistema más pequeño. Sistemas similares serán instalados en la escuela, dado que la misma tampoco tiene provisión de agua caliente y los costos actuales del gas envasado hacen inviable la provisión del mismo.

3. Purificación de agua (empleando equipos de destilación)

Los sistemas de destilación solar tipo invernadero resultan ser una solución viable para atender los grupos habitacionales pequeños y aislados. Se ha realizado un trabajo de adaptación en el diseño y los materiales utilizados con el fin de disponer de unidades que fuesen fácilmente transportables y de rápida instalación, para que los gastos de transporte e instalación no fuesen excesivos. También se ha buscado que los equipos tengan una duración prolongada y sean de fácil mantenimiento por parte de los usuarios, ya que las posibilidades de recibir atención externa son mínimas.

Los equipos de destilación instalados están formados por módulos pequeños, de 1m de ancho por 2 metros de largo, lo que permite su transporte en camioneta y su rápida instalación sin necesidad de preparativos especiales del terreno.



figura 6: destiladores batea en el techo del hospital de IRUYA

Los principales componentes de un destilador de este tipo son:

- a) la bandeja que contiene el agua a evaporar,
- b) la estructura de la batea y los soportes para fijarla al suelo
- c) la cubierta transparente
- d) las canaletas de recolección del agua destilada
- e) la infraestructura de alimentación de agua salada y acumulación del agua destilada.

La bandeja que contiene el agua salada a evaporar debe tener unas dimensiones adecuadas a la necesidad de abastecimiento y al manejo práctico del equipo, ya sea para la construcción como para el mantenimiento. Por las razones antedichas, en este caso se ha seleccionado un tamaño de 1 m por 2 m.

La cantidad de agua que debe contener la batea, no debe superar algunos centímetros de altura, ya que si fuera mayor cantidad, el agua no

alcanzaría la temperatura adecuada. Profundidades menores de 2 cm tampoco son aconsejables debido a que hay que nivelar muy bien la superficie, cualquier deformación o inclinación que se produzca en la bandeja puede provocar que queden áreas secas, disminuyendo la superficie de evaporación y sometiendo el material a tensiones excesivas.

El material de la bandeja está sometido a la acción del agua salada, la alta humedad y la radiación solar, por lo que una adecuada selección resulta ser el punto más importante para la duración del equipo. La bandeja está normalmente cubierta con agua, lo que la protege de la componente UV de la radiación y evita aumentos excesivos de la temperatura. No obstante, ocasionalmente se dan situaciones en que el equipo no ha sido adecuadamente atendido y se acaba el agua, en cuyo caso el material debe ser capaz de soportar esta situación mucho más exigente. Los costados de la batea no son recubiertos por el agua y están continuamente sometidos a la radiación, por lo que se constituyen en la parte que se destruye más rápidamente. En este caso se decidió utilizar algún material liviano debido a la exigencia de transportabilidad, para lo cual algún tipo de material plástico podía ser adecuado. Las mantas de hypalon han sido probadas con éxito en otros casos. Desgraciadamente el hypalon fabricado en Argentina no ha resultado adecuado, mostrando fuertes deformaciones con el uso. El polietileno negro, aunque es muy barato, no soporta las temperaturas que se alcanzan cuando el equipo se seca, destruyéndose completamente. Las superficies de plástico reforzadas con fibra de vidrio han mostrado un mejor comportamiento cuando tienen los aditivos convenientes y son de color negro. Fueron usadas en las primeras instalaciones, encontrándose en buen estado después de tres años de uso. La estructura debe soportarlas adecuadamente para que no se deformen. Su costo es alto, del orden de U\$S 50 por metro cuadrado en Argentina para la batea con forma, por lo que no es recomendable esta solución. En este caso se decidió el empleo de placas de madera con una adecuada protección contra la humedad. Las mantas utilizadas en piletas de natación portátiles, fabricadas con un PVC especialmente formulado y con una trama de refuerzo interna han mostrado poseer muy buena resistencia a las condiciones existentes en el interior del destilador. Están disponibles en color negro con diversos anchos y tienen un precio muy accesible.

La estructura debe soportar la bandeja, dependiendo su fortaleza de la naturaleza y geometría de ésta. En el caso de las bandejas de fibra de vidrio se utilizó una estructura de marco de tubo cuadrado de hierro con una malla de hierro redondo tipo

sima para construcción formando la superficie de soporte de la bandeja. Se colocó un aislamiento y algunos listones. Para el caso de bandejas de madera el sistema, con el agregado de algunos listones es “autoportante”. Se instalaron dos conjuntos de cuatro módulos de estos destiladores del tipo batea fabricados por la empresa salteña “Flores–Gríón SRL. Cada conjunto proporciona los días soleados, al menos treinta y cinco litros de agua por día, el mismo se recoge en bidones de plástico y es factible el almacenamiento del mismo. El producto obtenido permite liberar totalmente de sales el agua, ya sea para consumo humano (con el agregado de la cantidad apropiada de cloruros), pero también para uso hospitalario, y fundamentalmente para realizar el mantenimiento de los sistemas de acumulación eléctrica existentes en la zona. La actividad permite a los lugareños “apropiarse de la tecnología”, produciendo ellos mismos (energía solar mediante) el producto líquido, de una manera autosustentable.

4. desinfección de agua con radiación uV

Hasta hace poco tiempo, los residuos domésticos vertidos directamente a las aguas superficiales, con escaso o



figura 7: purificador de agua en la escuela

ningún tratamiento, podían ser asimilados gracias a la capacidad auto depuradora del agua. Se puede observar que una gran cantidad de microorganismos puede ser removida durante la primera etapa de tratamiento. A pesar de ello, la inclusión de una etapa específica de desinfección como la de este caso, es una práctica común, que procura la protección de la población contra las enfermedades de transmisión hídrica. Sin embargo, conviene aclarar que la desinfección no logra la destrucción de todos los microorganismos, ni siquiera de todos los patógenos. Por ejemplo, el virus de la hepatitis y el de la polio, no son completamente desactivados cuando se usan las técnicas de desinfección convencionales. La completa desactivación o destrucción de todos los microorganismos se logra solamente con la esterilización. Aún cuando los mecanismos de la desinfección no han sido completamente elucidados, hay evidencia de que la mayoría de los desinfectantes destruyen o desactivan las proteínas enzimáticas de las células. El ozono y el cloro además de provocar otros efectos más específicos, causan degradación de la materia celular debido a su condición de agentes oxidantes. La acción bactericida de ácidos y álcalis se fundamenta principalmente en los efectos de cambios abruptos de pH a los que se ven enfrentados los microorganismos. Por otra parte, la aplicación de energía calorífica, radiaciones de onda corta y ultrasonido, causan esencialmente la destrucción física de los organismos. La desactivación de microorganismos se basa en una reacción fotoquímica en la molécula de DNA, que produce errores en el sistema reproductivo. Este efecto letal de la radiación UV se produce por causa de la reacción mencionada, iniciada por la absorción de un fotón en la estructura molecular de un microorganismo, más que por la presencia de un agente oxidante o un tóxico químico. En consecuencia, el efecto depende de la absorción de radiación en la longitud de onda adecuada. Este proceso puede perder

su efectividad si el agua estuviese turbia o si existiesen sólidos en suspensión (la cantidad debe ser menor que 1mg/l). La turbiedad y el color modifican también la absorción, dado que se ha comprobado que algunos colores favorecen la supervivencia de microorganismos. Otros estudios indican, que debido a que este proceso no tiene efecto residual, el almacenamiento del agua y el incremento de su temperatura, favorecen la reproducción de los mismos.

La radiación ultravioleta puede ser generada artificialmente por una gran variedad de lámparas incandescentes o de descarga por arco. A los efectos de la desinfección, la radiación ultravioleta se genera en lámparas especiales de vapor de mercurio de baja o media presión, producida por un flujo de electrones, entre los electrodos de un gas ionizado.

El rango de longitudes de onda UV útil a los efectos de la desinfección llega hasta los 320 nm (límite del UV-B), aunque el efecto de saneamiento bacteriológico máximo se encuentra en una estrecha banda que alcanza hasta los 280 nm, con un pico del efecto germicida en los 254 nm. Teniendo en cuenta que estas radiaciones provocan lesiones cancerosas o efectos de eritema superficial, las normas especifican que el umbral máximo de intensidad de radiación para las longitudes de onda comprendidas entre 250 y 270 nm, sea de 20 J/m². Para otras longitudes de onda son ligeramente superiores.

La eficiencia de un sistema con lámparas UV, está relacionada también con el índice de dispersión, con el tiempo de exposición y con la configuración de las lámparas. Lo ideal es tener un índice de dispersión igual a cero. Los tiempos de exposición dependerán de la potencia de las lámparas, aunque la dosis letal está estimada en los 30 (mW Seg)/cm²/minuto.

Otro factor a tener en cuenta es el envejecimiento de las lámparas, ya que al término de su vida útil (de 5000 a 8000 hs; dependiendo del caso), el deterioro de su efecto germicida puede llegar al 50%, por lo que su control en cuanto a días de utilización debe ser muy estricto para su eventual reemplazo.

Como desventajas, se puede observar que al no existir efecto residual, el agua no debe ser almacenada para su posterior consumo, a menos que se combine este método con otro (por ejemplo, ozonización). En este caso, esto no es factible por razones energéticas, y en consecuencia el agua tratada debe ser consumida en el día.

La desinfección química es necesaria para el control de olores y para el control de aguas de descarga, aunque en el caso que nos ocupa, el agua de la escuela, se prefirió no agregar cloro al agua (las poblaciones del Departamento de Iruya), y se

instalaron equipos basados en el funcionamiento de un sistema híbrido con filtración y desinfección uV. La primera de estas operaciones se emplea para separar los sólidos del agua, aún cuando esta no haya recibido un tratamiento previo por coagulación, floculación y sedimentación. Los medios filtrantes que se utilizan en el tratamiento de aguas incluyen: arena, antracita molida, tierra diatomea y carbón activado, granular o en polvo. Este tipo de filtro doble consistente de carbón mineral sobre arena, tiene mucha aceptación. En este caso la circulación por gravedad controla la presión de trabajo.

El objetivo de la segunda de las operaciones, es que los organismos patógenos sean destruidos o desactivados. Este objetivo puede ser alcanzado mediante un gran número de operaciones físico-químicas, tales como aplicación directa de la energía térmica, irradiación con ultravioleta, gamma, X y microondas ultrasonido, adición de agentes químicos como ozono y cloro; este último es el método de desinfección de aguas más comúnmente empleado. Sin embargo y por las razones que se enuncian seguidamente se eligió para esta configuración un conjunto con lámparas uV. En este caso la lámpara se encuentra sumergida en la corriente del agua a tratar, en cualquier posición si se emplean deflectores, para que el todo el volumen de agua esté en contacto con la radiación por un cierto período. Se la considera como una buena alternativa cuando la cantidad de agua a desinfectar no es demasiado grande.

Las partes principales de este equipo son:

- a) un recipiente de purificación de agua de acero inoxidable o plástico no degradable, con su correspondiente lámpara
- b) un generador de energía,
- c) una pequeña bomba de agua,
- d) un depósito, filtros y mangueras.

Las características de los equipos instalados son:

modelo	consumo diario	potencia uv	caudal de potabilización	volumen de reserva de agua
	litros/día	watts	litros/minuto	litros
3	400	40	10	200

La justificación de la instalación de este tipo de tecnología se basa en informes bacteriológicos como el que se muestra a continuación (**Fecha extracción muestras: 24/06/03**):

Muestras	Conductividad (uS/cm)	pH	Turbidez NTU	Col tot(CT NMP/100 ml)	Col fec (CF NMP/100 ml)
1 (Toma I)	158,30	8,35	0,43	43,00	0,00
2 (Cisterna I)	156,90	8,24	0,36	150,00	0,00
3 (Cisterna II)	293,00	8,54	0,22	460,00	0,00
4 (Toma II)	328,00	8,65	0,46	28,00	0,00
(Máximo permitido <2.2 NMP/100l); La reducción de coliformes totales causada por estos equipos tiene un factor de 200.					

CONCLUSIONES

Desde el punto de vista técnico, se puede decir que la instalación de estos equipos es todo un éxito, ya que los mismos funcionan dentro de lo que se podría esperar. El punto es si nosotros (los técnicos) y ellos (la comunidad) podremos seguir trabajando armoniosamente para asegurar el buen funcionamiento en el futuro de manera que la tecnología pueda considerarse sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Cadena C. (2004). Informe técnico final Proyecto OEA OAR071, “Enenergización de centros comunitarios para zonas rurales”, presentado ante el organismo responsable.
- Cadena C., Saravia L., Caso R., Fernández C., Buccianti G.. (2000). *La alimentación y manejo de grupos como una política de medio ambiente: experiencias de cocción solar de alimentos en el noroeste argentino*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 4. N°1, 1.45 – 1.50.
- Saravia L., Cadena C., Caso R., Fernández C.. (2002). *Cocinas solares comunales de uso múltiple*. Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 10, pp 51 – 56.

ABSTRACT

They were selected some years ago for setting up some equipment designed for solar energy utilization in isolated places of the Puna; this kind of places make them appropriate for the use of alternative energies. Because of this, the installation of this type equipment let us to evaluate the performance of technology. There are basically two types of systems: electrical and thermal. Now we can say that installing electrical systems based in renewable energies is so easy, however, installing thermal type equipment is more complex.

KEYWORDS : solar energy, thermal equipment, community, PV panels, Iruya.